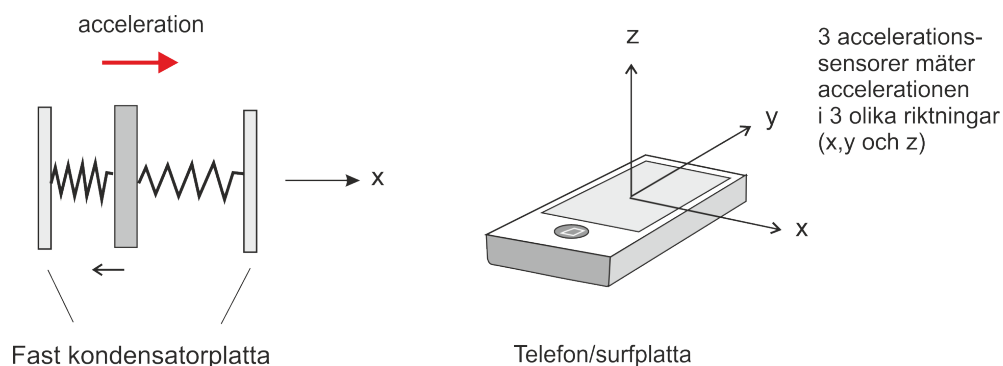


Att använda accelerationssensorn i en smarttelefon/surfplatta för att göra mätningar

Mats Braskén (Åbo Akademi) och Ray Pörn (Yrkeshögskolan Novia)

Accelerationssensorn

Accelerationssensorn mäter accelerationen i tre riktningar. De flesta accelerometrar är kapacitiva och mätningen utförs så att en massa är fastspänd med två fjädrar förankrade i var sin fast kondensatorplatta (se figur 1). När telefonen och sensorn accelererar trycks ena fjädern ihop medan den andra dras ut. Förändringen hos den rörliga massans läge syns som en förändring i kondensatorns kapacitans.



Figur 1.

Accelerationens värde ges antingen i enheten m/s^2 eller i enheter av g ($= 9,81 \text{ m/s}^2$). För en telefon som ligger stilla på ett vågrätt bord, bör accelerationssensorn ge värdena:

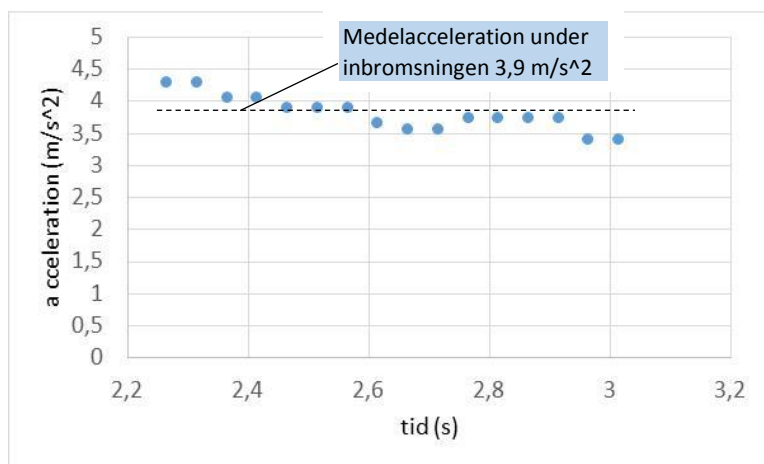
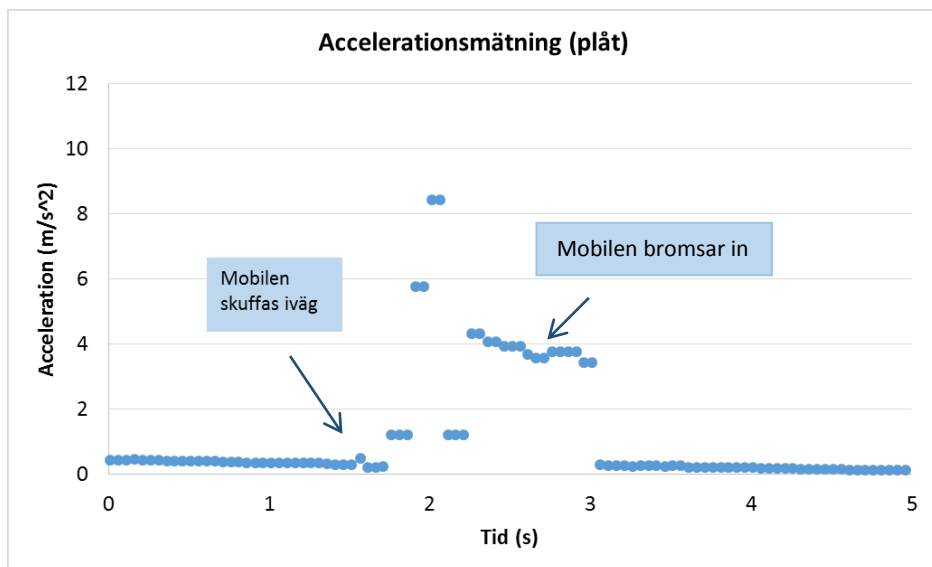
$$a_x = a_y = 0 \text{ m/s}^2, a_z = -9,81 \text{ m/s}^2.$$

Mjukvara

För att kunna läsa av accelerationssensorn, krävs lämplig mjukvara installerad på telefonen/plattan. I detta arbete används SparkVue för Iphone/Ipad (nedladdas gratis från App Store) och AndroSensor för en Samsung mobil. Några andra möjligheter för Apples produkter är SensorLog och Sensor Stream. För Android-telefoner finns motsvarande applikationer, t.ex. AndroSensor, Sensor Kinetics och AcceLogger. För Windows-telefoner finns exempelvis SensorEmitter. De flesta telefoner kan spela in mätdata från en sensor och spara dem i textformat. Datafilen kan sedan mejlas till valfri epost-adress, alternativt sparas till Dropbox. Därefter kan filen importeras till lämpligt analysverktyg (t.ex. Excel). Se bilagan för detaljer hur detta görs.

Experiment 1: Bestämning av en ytas friktionskoefficient

Mobiltelefonen/surfplattan ställs in att mäta accelerationens y-komponent (se figur 1). En mätthastighet på 20 Hz, dvs. 20 mätningar per sekund, räcker väl för detta försök. Sätt mobilen/plattan att ligga på det underlag vars friktionskoefficient du vill bestämma. Starta mätningen och knuffa iväg mobilen i y-riktningen. När mobilen stannat, stoppar du mätningen. Du kan välja att direkt analysera mätningen på mobilen/surfplattan, eller så exporterar du dina mätvärden i textformat så att de kan öppnas i t.ex. Excel. I vårt exempel har det senare alternativet valts och de resulterande Excel-graferna visas nedan.

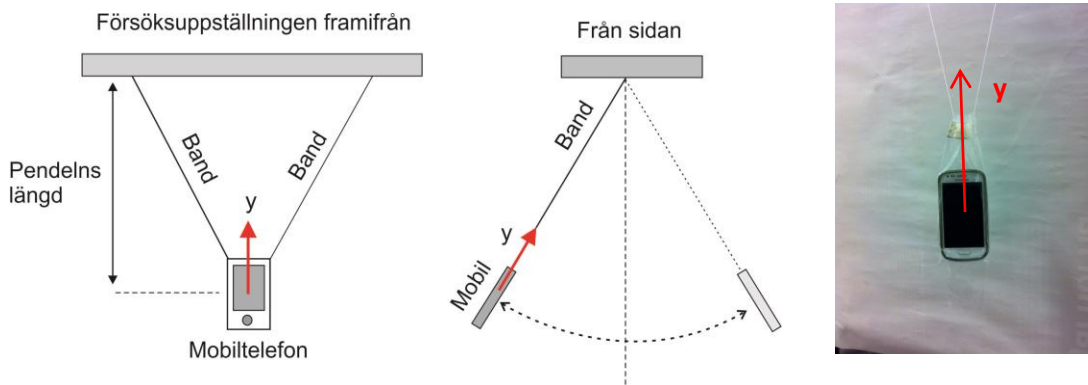


Friktionskoefficienten mellan, i detta fall, mobilen och plåtytan fås då direkt som:

$$F = ma \rightarrow \mu mg = ma \rightarrow \mu = a/g \quad \therefore \mu = 0,40$$

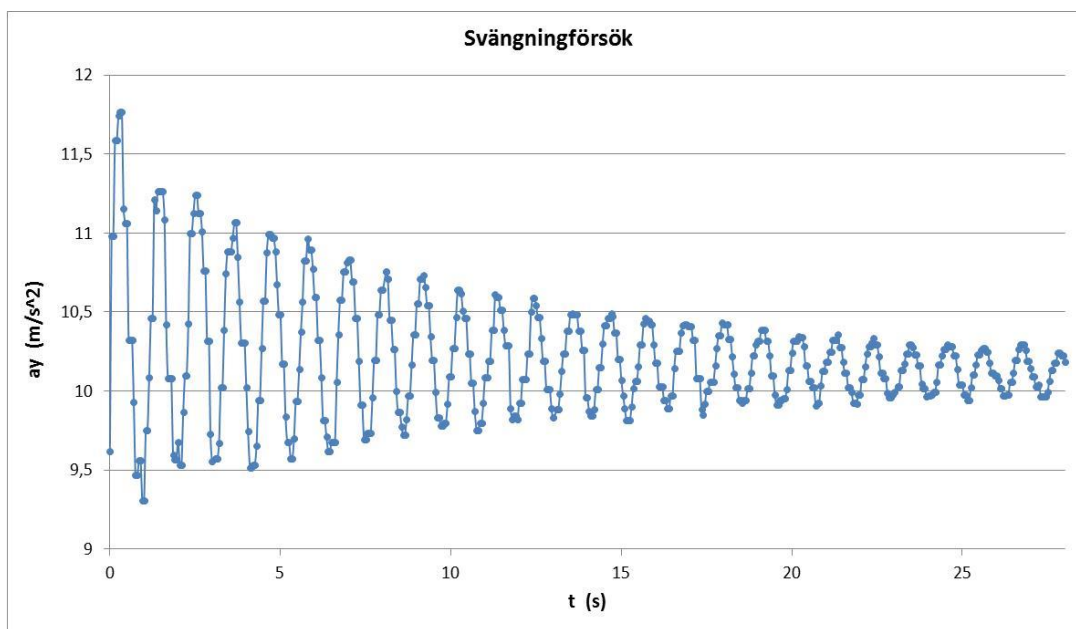
Experiment 2: Pendelförsök

Målet med detta försök är att undersöka accelerationen under en pendelrörelse. Accelerationen mäts i y-riktningen (figur 2). Ur mätdata kan t.ex. pendelns period, amplitud och dämpning bestämmas.



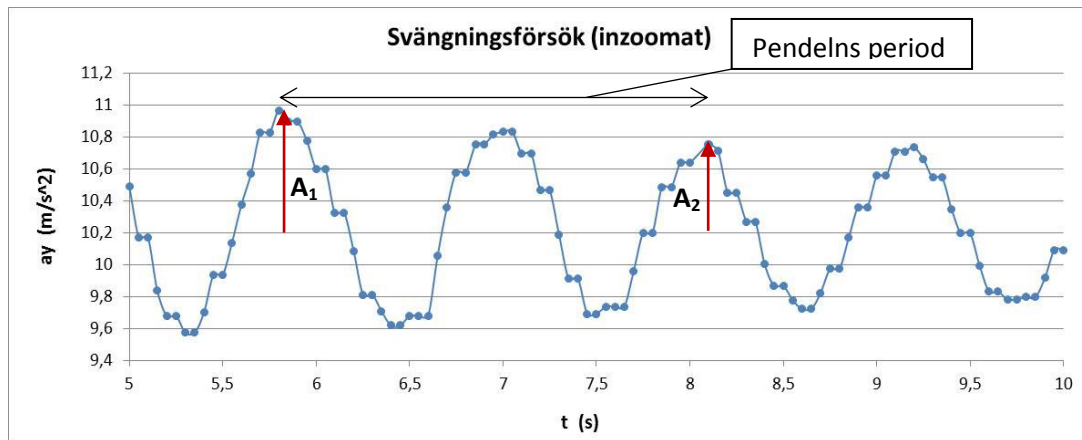
Figur 2. Försöksupställningen.

I vårt försök sätts mobilen i en plastpåse, vilken hängs upp med hjälp av två snören i taket (två för att förhindra att mobilen börjar svänga runt y-axeln). Pendelns längd, i lodrät riktning, mäts till 1,2 m. Sensor-appen ställs in att mäta accelerationens y-komponent med en mätthastighet på 20 Hz. Mätningen startas och pendeln sätts att svänga. Mätdata exporteras till Excel för vidare analys. Mätresultatet visas i grafen nedan. Som vi ser varierar accelerationens värde kring g^* , vilket är det värde vi uppmäter om pendeln hänger orörlig. Dämpningen hos svängningsrörelsen kan klart observeras.



*I vår mätning fick vi in en konstant, positiv off-set på cirka $+0,4 \text{ m/s}^2$, varför accelerationsvärdena varierar kring $10,2 \text{ m/s}^2$ istället för kring $9,8 \text{ m/s}^2$. Notera att grafen visar beloppet av y-riktningens accelerationsvärde.

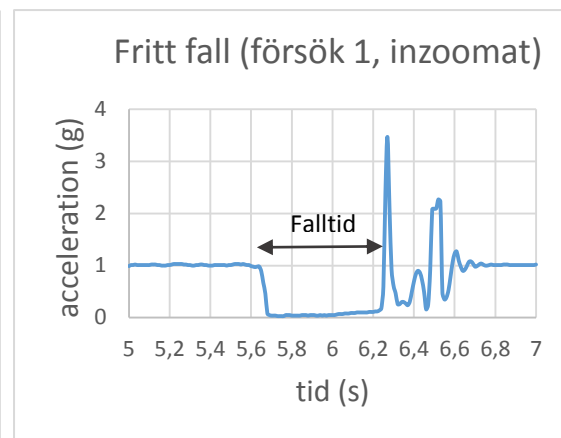
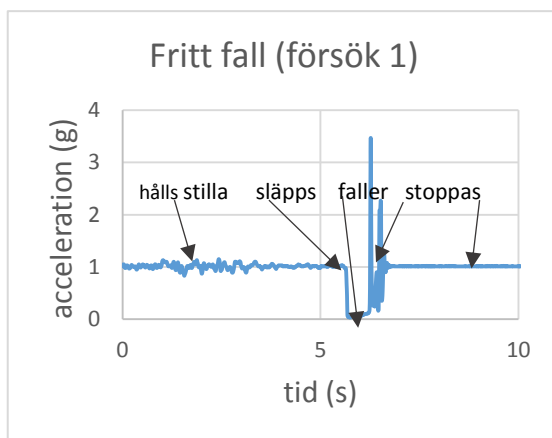
Försiktighet bör iakttas när pendelns period avläses från grafen, eftersom maximal acceleration uppmäts två gånger under en period (accelerationen är maximal uppmäts när pendeln når sin högsta hastighet och lägsta punkt). En period på 2,2 s kan avläsas från grafen, vilket stämmer väl med det beräknade värdet, $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, för en pendellängd på $l = 1,2$ m.



Pendelns dämpningskonstant (γ) kan bestämmas ur grafen, genom att avläsa hur mycket amplituden minskar under en period: $A(t) = A_0 e^{-\gamma t} \rightarrow \gamma = -(1/T)\ln(A_2/A_1) \rightarrow \gamma = 0,14 \text{ s}^{-1}$. Vill man gå vidare, kan även pendelns amplitud bestämmas och t.ex. en vinkel-tidsgraf uppritas.

Experiment 3: Fallförsök (att bestämma g)

Vi utnyttjar accelerationssensorn i en surfplatta för att bestämma fria fallets acceleration. Vi väljer att mäta accelerationens resultant, $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$, med en mät hastighet på 100 Hz. Surfplattan släpps med botten nedåt från en fix höjd (2,0 m) på ett mjukt underlag. Under det fria fallet mäts accelerationen och mätdata sparas i textformat. Datafilerna importeras till Excel och resultatet visas nedan (notera att accelerationen visas i enheter av g).



När surfplattan hålls stilla är accelerationen = tyngdaccelerationen. Under det fria fallet upphävs tyngdaccelerationen och sensorn registrerar en acceleration = noll. För att bestämma falltiden (Δt) så exakt som möjligt bör man undersöka datafilen. I vårt försök påbörjades fallet vid tidpunkten $t_1 = 5,60$ s och avslutades vid $t_2 = 6,24$ s. Falltiden blev då $\Delta t = 6,24$ s $-$ $5,60$ s = $0,64$ s. Fallhöjden var $s = 2,0$ m. Eftersom accelerationen är konstant under fallet gäller $s = \frac{1}{2} a \cdot t^2$. Då denna ekvation löses med avseende på a fås

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

I vårt försök blir alltså accelerationen $a = \frac{2s}{(\Delta t)^2} = \frac{2 \cdot 2,0 \text{ m}}{(0,64 \text{ s})^2} = (9,8 \pm 0,3) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Osäkerheten i tidsbestämningen antas vara $0,01$ s och försumbar i fallhöjden. Osäkerheten i accelerationen beräknas som ett min-max-fel.

Att tänka på:

- Det är viktigt att ha tillräckligt hög mät hastighet, minst 100 Hz.
- Fallhöjden s bör bestämmas så exakt som möjligt.
- Tidpunkterna t_1 och t_2 bör avläsas direkt ur datafilen. Små fel i falltiden resulterar i stora kast i accelerationen (minst $0,3 \text{ m/s}^2$ för samplingsfrekvensen 100 Hz).

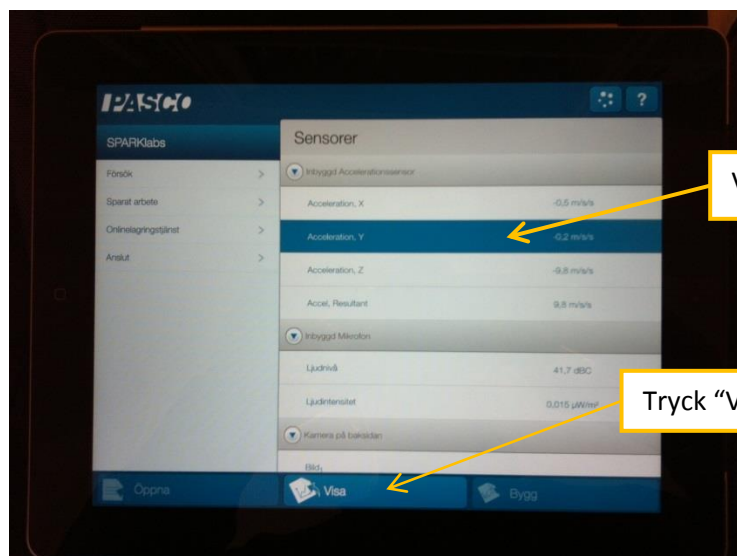
BILAGA. Att mäta och överföra mätdata från mobil/surfplatta till Excel

I denna bilaga ges en detaljerad beskrivning av hur man spelar in ett försök i applikationen SparkVue, samt överför och behandlar data i Excel.

1. Ladda ner applikationen SparkVue från AppStore.



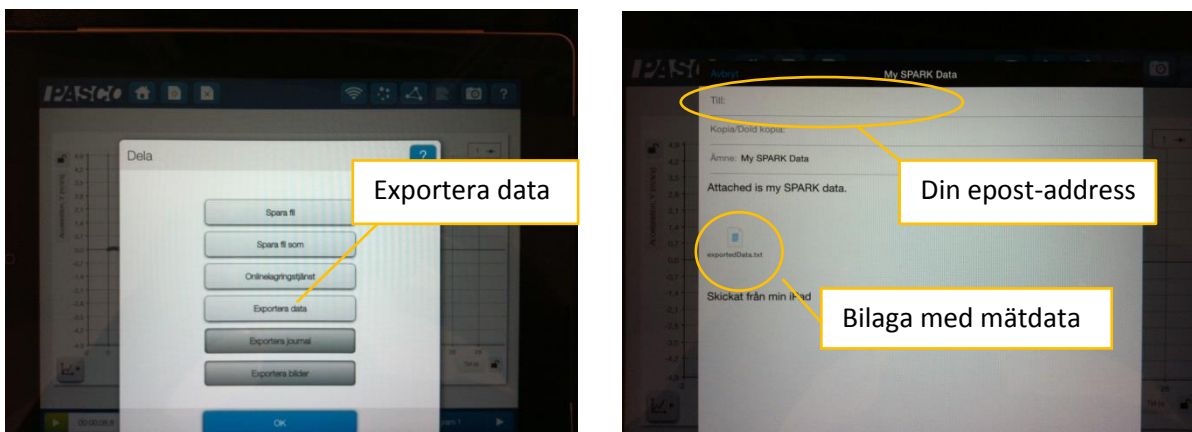
2. a) Öppna SparkVue. Välj sensor och vilken accelerationskomponent du vill mäta. Tryck "Visa".



b) Efter att du tryckt "Visa", visas en tom graf. Ställ in lämplig mätthastighet (förvalt värde 20 Hz). Starta och stoppa mätningen med pilsymbolen. För att exportera data, tryck triangelsymbolen.



c) När du gjort mätningen och valt att exportera data genom att trycka triangelsymbolen, öppnar sig en ny meny. Välj "Exportera data". Om din surfplatta/mobil är nätansluten, kommer mätvärdena att skickas som bilaga till ett vanligt epost-meddelande. Skriv in din e-post-address och skicka.



3. Spara epost-bilagan på din dator och importera textfilen till Excel. I Excel 2010 enligt: Data – From Text – Choose file. Följ sedan stegen nedan (här antas att filen har mätvärdena åtskiljda med ett kommatecken, dvs. att filen är en s.k. csv-fil).

Importera

Siffrorna i filen är åtskiljda av kommatecken

Kryssa för alternativet "Comma"

Välj "Advanced"

Välj kommatecken för att visa decimaltal (inte punkt)

4. Efter att du importerat mätvärdena, bör Excel-bladet ha följande utseende (alla kolumner visas inte i bilden).

Time (s)	Accelerometer: Resultant (m/s/s)	Accelerometer: Z (m/s/s)
0	1,01	-9,76
0,01	1,04	-10
0,02	1,05	-10,08
0,03	1,05	-10,14
0,04	1,04	-9,97
0,05	1	-9,64
0,06	0,98	-9,38
0,07	0,98	-9,36
0,08	0,98	-9,4
0,09	1,01	-9,69
0,1	1,02	-9,82
0,11	1,03	-9,89
0,12	1,03	-9,88
0,13	1,02	-9,84
0,14	1,01	-9,69
0,15	1	-9,54
0,16	0,97	-9,26